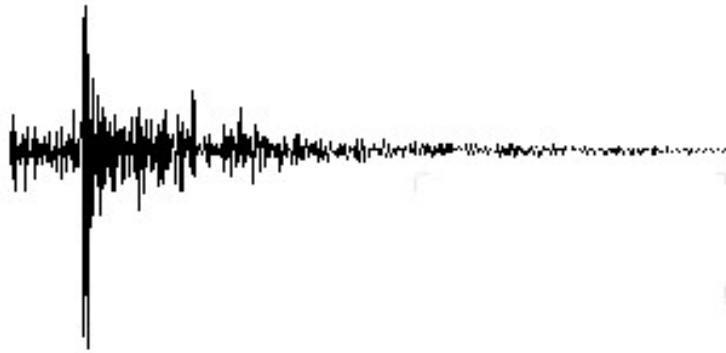


Reporte de Sismos registrados por la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México Durante el Año 2018

Rogelio Arce, Boris Rösler, Andres Navarro y Alejandra Nuñez



Departamento de Sismología
División de Ciencias de la Tierra
CICESE

Registrado el: 21/05/25

ID: 20825

Índice

Resumen	2
1 Introducción	3
2 Información general acerca de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México	3
3 Instrumentación	4
3.1 Memoria Pre-evento y Pos-evento en estaciones ETNA y K2	6
3.2 Sincronización del tiempo de los instrumentos	7
3.3 Orientación de los sensores	7
3.4 Características de las estaciones	7
4 Mantenimiento de la Red y Recolección de Datos	7
4.1 Verificación en Laboratorio	8
4.2 Actividades de Mantenimiento en Campo	8
4.2.1 Mantenimiento General	8
5 Procesamiento de Registros	8
5.1 Identificación de eventos del catálogo	9
5.2 Búsqueda y lectura de archivos MiniSEED y EVT	9
5.3 Corrección instrumental y estandarización de trazas	9
5.4 Obtención de velocidad y desplazamiento	10
5.5 Espectros de Fourier y espectros de respuesta	10
5.6 Generación de tablas y análisis estadístico	10
5.7 Organización de productos generados	11
6 Sismos registrados	11
Apéndice A. Encabezado de los archivos de las series de tiempo procesadas (Volumen I)	18
Apéndice B. Cronología de la instrumentación de la red durante el año 2018	19

Resumen

El presente reporte de datos de aceleración se elaboró con la finalidad de dar a conocer los resultados del funcionamiento de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México durante el año 2018. Los registros de aceleración del presente año, fueron obtenidos con equipos digitales con resoluciones de 18 y 24 bits, fabricados por las compañías Kinemetrics y GeoSIG. Durante el año se obtuvieron 65 registros de aceleración de 3 componentes cada uno, corregidos por la sensibilidad del instrumento (Volumen I), que corresponden a 27 eventos registrados de los cuales 24 fueron localizados. La obtención del Volumen I, II y III de los datos fue realizada con los programas desarrollados en la RED. De los **24** sismos registrados, se localizaron 16 en la región de las Sierras y 8 en el Valle de Mexicali.

Respecto a las magnitudes de los sismos localizados, éstas estuvieron comprendidas en un intervalo de 2.3 a 4.9. La aceleración máxima absoluta registrada durante el año 2018 fue de 0.5055 gales, registrada en la estación CAR. Los archivos que contienen el Volumen I de los datos de aceleración son archivos tipo texto (ASCII) organizados de acuerdo al Formato Estándar de la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes (versión 2.0).

1 Introducción

Con el propósito de registrar los movimientos fuertes causados por sismos relevantes de la región norte de Baja California, durante los últimos 39 años ha estado en funcionamiento la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México (RANM). La finalidad del presente reporte es dar a conocer los aspectos más relevantes y generales del funcionamiento de la red y de la información registrada por ésta durante el año 2018. Para ello, el reporte se encuentra dividido en seis partes principales:

La primera parte, **Información general acerca de la red**, ubica al lector dentro del marco de alcance comprendido por esta red, así como de su organización.

La segunda parte, **Instrumentación**, describe algunos aspectos importantes en cuanto a la forma de adquisición de los datos, el tipo de instrumentos que forman la red y algunas de sus características generales de funcionamiento.

En la tercera parte, **Mantenimiento de la red y recolección de los datos**, se describe el procedimiento general de revisión que se realiza a cada una de las estaciones, para el buen funcionamiento de éstas.

En la cuarta parte, **Procesamiento de los datos**, se describe tanto la secuencia utilizada en el procesamiento de los datos, como la nomenclatura para asignarle un identificador único a cada archivo de registro.

En la quinta parte, **Almacenamiento de la información**, se indica la nomenclatura para la asignación de los nombres de cada uno de los archivos comprimidos por evento, así como de su contenido.

Finalmente, en la sexta parte, **Sismos registrados**, se presenta un mapa con la localización de los epicentros de los sismos registrados y localizados en el período y se realiza un análisis descriptivo sencillo de las características de estos sismos. Adicionalmente, se presenta una tabla con las coordenadas y las magnitudes de los sismos localizados, así como las aceleraciones máximas, por canal, para cada uno de los sismos registrados en las diferentes estaciones acelerográficas.

2 Información general acerca de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México

La distribución geográfica actual de las estaciones que conforman a RANM abarca principalmente la región norte del estado de Baja California y la parte noroccidental del estado de Sonora. La mayor densidad de estaciones se encuentra a lo largo del sistema de fallas Imperial-Cerro Prieto, debido a que este sistema genera con mayor frecuencia los sismos más fuertes de la región, (algunos ejemplos son: el sismo del Valle Imperial del 15 de octubre de 1979 [$M = 6.6$], el sismo de Victoria del 9 de junio de 1980 [$M = 6.1$] y el sismo El Mayor-Cucapah del 4 de abril de 2010 [$M = 7.2$]). Otros sistemas con potencial para generar sismos de intensidad moderada a fuerte son el formado por las fallas San Miguel-Vallecitos, Sierra Juárez y la región de Pino Solo, ubicados en la región del Macizo Rcoso Peninsular (MRP), además de la falla Laguna Salada, ubicada en la región oeste del Valle de Mexicali-Imperial (VMI). La distribución geográfica de las estaciones de la red, durante el año 2018, puede observarse en la Figura 1.

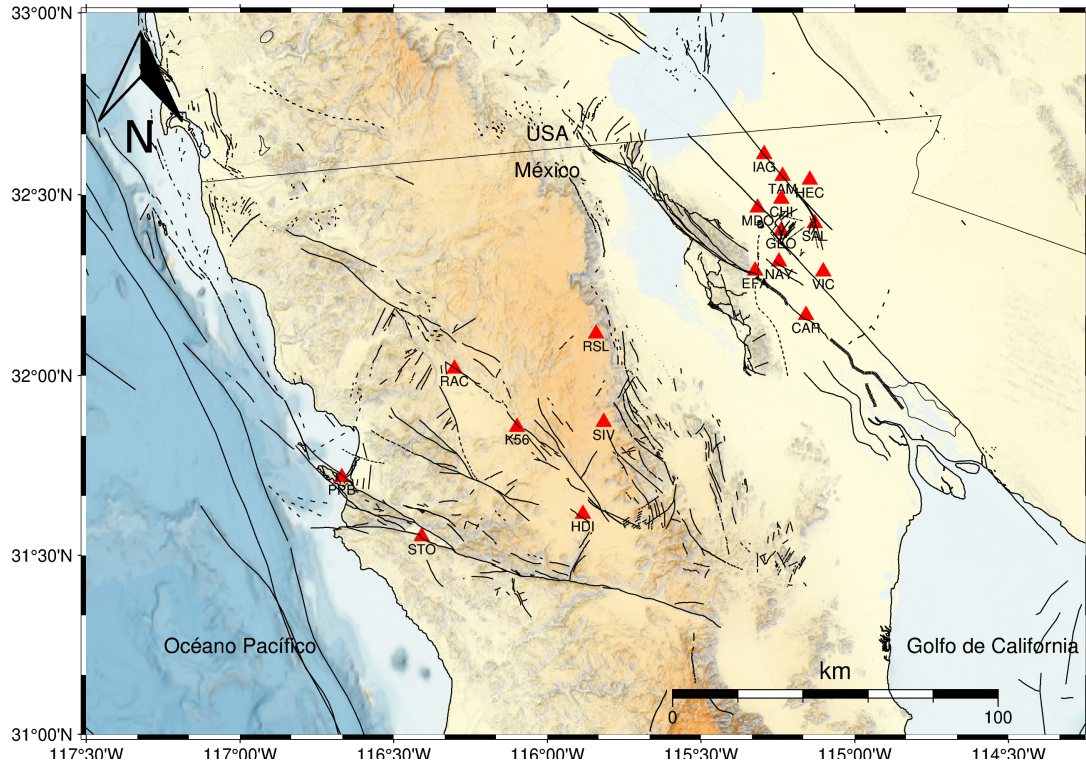


Figura 1: Estaciones de RANOM

3 Instrumentación

Durante el año 2018 la red funcionó con 20 instrumentos de tipo digital (3 ALTUS-ETNA, 5 ALTUS-K2, 11 GMS-18 y 1 130-SMA). Los equipos ALTUS-ETNA y ALTUS-K2, fueron fabricados por la compañía Kinemetrics, mientras que los instrumentos GMS-18 los fabricó la compañía GeoSig y el instrumento 130-SMA la compañía Reftek Systems Inc. Las características de todos los instrumentos fueron ya descritas en los catálogos previos al presente por Vidal et al. (1996), Luna et al. (1996), Luna et al. (2010) y, Luna et al. (2012), por lo que se sugiere revisar las referencias anteriores para una descripción general de algunas de las características más sobresalientes de los instrumentos mencionados.

Tabla 1: Datos de las estaciones sísmicas activas al 30 de diciembre de 2018

Nombre Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Sensor	Or. ¹	Grabadora	NS ²	Frecuencia	Am. ³
Islas Agrarias IAG	32.61167	-115.29424	13	Episensor	C1 - EW	Kinemetrix ETNA	168	50.8	0.64
					C2 - NS		168	50.6	0.65
					C3 - V		168	50.7	0.64
Heroes de la Independencia HDI	31.61539	-115.88407	1069	Episensor	C1 - EW	Kinemetrix ETNA	169	51.2	0.64
					C2 - NS		169	52.3	0.64
					C3 - V		169	51.0	0.66
Punta Banda PPB	31.71749	-116.66896	14	Episensor	C1 - EW	Kinemetrix ETNA	1747	198.0	0.7
					C2 - NS		1747	210.0	0.7
					C3 - V		1747	210.0	0.7
Carrancitas CAR	32.16722	-115.15824	10	Episensor	C1 - EW	Kinemetrix K2	1580	204.0	0.7
					C2 - NS		1580	208.0	0.7
					C3 - V		1580	206.0	0.7
El Faro EFA	32.29031	-115.32389	19	Geosig AC-63	C1 - EW	Kinemetrix K2	1155	208.0	0.0
					C2 - NS		1155	222.0	0.0
					C3 - V		1155	220.0	0.0
Santo Tomas STO	31.55283	-116.40863	163	Episensor	C1 - EW	Kinemetrix K2	1158	222.0	0.0
					C2 - NS		1158	218.0	0.0
					C3 - V		1158	216.0	0.0
Hechicera HEC	32.54083	-115.14574	13	FBA-23	C1 - EW	Kinemetrix K2	1156	214.0	0.0
					C2 - NS		1156	210.0	0.0
					C3 - V		1156	218.0	0.0
Geotermica GEO	32.40011	-115.2391	7	FBA-23	C1 - NS	Kinemetrix K2	1026	51.4	0.68
					C2 - V		1026	53.6	0.67
					C3 - EW		1026	53.4	0.68
Rancho Agua Caliente RAC	32.01901	-116.30233	736	Geosig AC-63	C1 - EW	GeoSig GMS-18	100200	400.0	0.7
					C2 - NS		100200	400.0	0.7
					C3 - V		100200	400.0	0.7
Rancho San Luis RSL	32.11597	-115.84165	1492	Geosig AC-63	C1 - EW	GeoSig GMS-18	100205	400.0	0.7
					C2 - NS		100205	400.0	0.7
					C3 - V		100205	400.0	0.7
Nayarit NAY	32.31512	-115.24648	11	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100204	400.0	0.7
					C2 - NS		100204	400.0	0.7
					C3 - V		100204	400.0	0.7
Santa Isabel Viejo SIV	31.87116	-115.81637	1506	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100205	400.0	0.7
					C2 - NS		100205	400.0	0.7
					C3 - V		100205	400.0	0.7
Kilometro 56 K56	31.85736	-116.09852	893	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100207	400.0	0.7
					C2 - NS		100207	400.0	0.7
					C3 - V		100207	400.0	0.7
Tamaulipas TAM	32.55127	-115.23463	14	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100208	400.0	0.7
					C2 - NS		100208	400.0	0.7
					C3 - V		100208	400.0	0.7
Victoria VIC	32.28788	-115.10204	14	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100209	400.0	0.7
					C2 - NS		100209	400.0	0.7
					C3 - V		100209	400.0	0.7
Saltillo SAL	32.42106	-115.13001	15	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100201	400.0	0.7
					C2 - NS		100201	400.0	0.7
					C3 - V		100201	400.0	0.7
Chihuahua CHI	32.48828	-115.2386	65	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100202	400.0	0.7
					C2 - NS		100202	400.0	0.7
					C3 - V		100202	400.0	0.7
Michoacan de Ocampo MDO	32.46409	-115.31561	13	Geosig AC-63	C1 - EW	Geosig GMS-18	100903	400.0	0.7
					C2 - NS		100903	400.0	0.7
					C3 - V		100903	400.0	0.7

Nota: ¹ Or. representa la orientación del sensor en cada estación.

² NS representa el número de serie del digitalizador.

³ Am. representa el amortiguamiento del sensor.

3.1 Memoria Pre-evento y Pos-evento en estaciones ETNA y K2

Durante el presente año, el instrumento digital 130-SMA operó con una memoria pre-evento de 30.0 s, los instrumentos GMS-18 también operaron con 30.0 s, y los instrumentos Altus-ETNA y Altus-K2, aunque trabajaron con una memoria pre-evento inicial de 30.00 s, sus registros reciben, en su caso, un ajuste que incrementa este tiempo. Este ajuste se realiza sumándole al tiempo pre-evento inicial, las décimas de segundo del tiempo de disparo del instrumento. De esta forma, el tiempo de pre-evento efectivo es igual o mayor al de los 30.00 s definidos inicialmente en el instrumento (ver Figura 2).

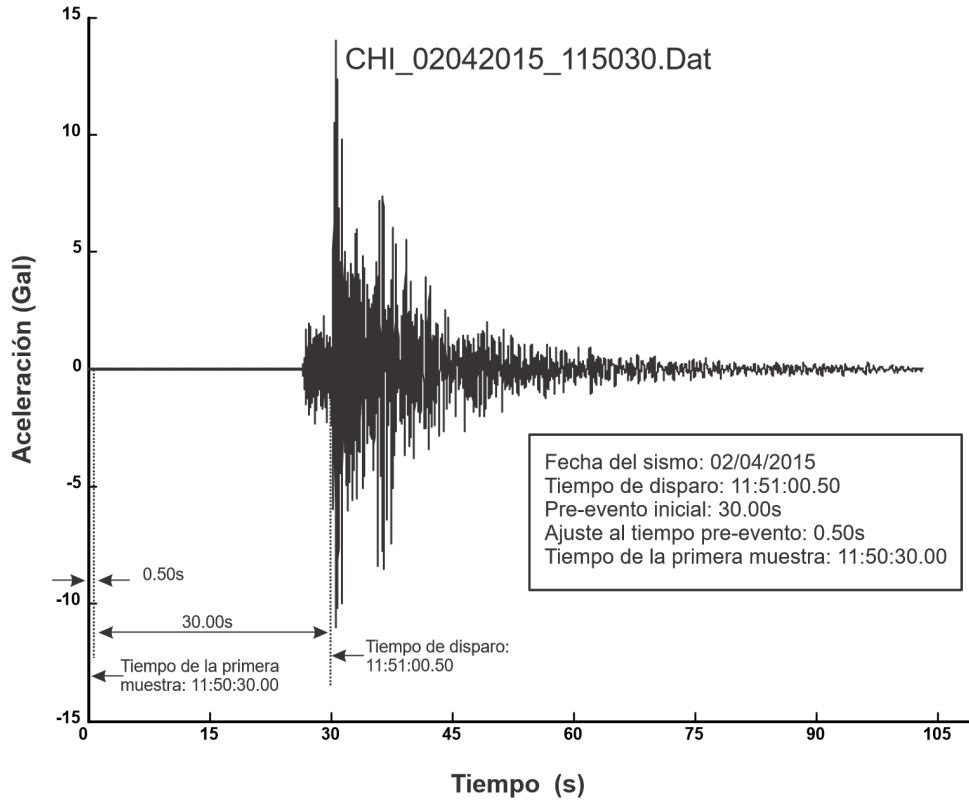


Figura 2: Determinación de primera muestra.

Por otro lado, los instrumentos operaron con la siguiente memoria post-evento: 90.0 s para el 130-SMA; 60.0 s para los ETNA y los K2 y 90.0 s para los GMS-18. Estos parámetros se han elegido de acuerdo a la experiencia adquirida en la operación de los equipos y aseguran el registro apropiado de la señal sísmica, tanto de los primeros arribos como de la longitud de la señal. Un resumen de los tiempos pre-evento y pos-evento de los instrumentos que conformaron la red durante el año 2018, se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Tiempos pre-evento y post-evento de los equipos de la red en el año 2018.

Instrumento	Pre-evento (s)	Post-evento (s)
130-SMA	30.0	90.0
Altus-ETNA	30.0	60.0
Altus-K2	30.0	60.0
GMS-18	30.0	90.0

3.2 Sincronización del tiempo de los instrumentos

Actualmente todos los instrumentos que conforman la red (RANM), cuentan con un sistema de sincronización automática de su tiempo interno por medio de un GPS que forma parte del mismo acelerógrafo.

3.3 Orientación de los sensores

Todos los instrumentos Altus con sensores FBA, siguen el orden Norte-Sur, vertical y Este-Oeste, para los canales 1, 2 y 3 respectivamente, (ver Tabla 2).

Los instrumentos Altus con sensores Episensor, siguen el orden Este-Oeste, Norte-Sur y vertical para los mismos canales 1, 2 y 3, en este orden.

En los instrumentos GMS-18 con sensores AC-63, el canal Norte-Sur, está identificado con el número de canal 1, el canal Este-Oeste con el canal número 2 y el vertical con el canal 3.

En cuanto al instrumento 130-SMA, se tiene el siguiente orden: El canal número 1 está orientado verticalmente, el canal 2 está orientado hacia el Este-Oeste y el canal 3 hacia el Norte-Sur.

3.4 Características de las estaciones

La información concerniente a las estaciones de la red se presenta en la Tabla 1. En esta tabla se incluye el nombre y código de las estaciones, sus coordenadas geográficas, el nombre y la orientación de las tres componentes, el tipo y número de serie del instrumento instalado y algunas otras características, tales como: la frecuencia natural, el amortiguamiento y la sensibilidad de los acelerómetros. Los datos anotados en la Tabla corresponden a la instrumentación instalada a finales de 2018. Los cambios hechos en la instrumentación de cada estación durante el período enero-diciembre del año 2018, se pueden consultar en la cronología de la instrumentación de la red, listada en el Apéndice B de este documento.

4 Mantenimiento de la Red y Recolección de Datos

El mantenimiento de la red de estaciones y la recolección de datos están planificados desde el inicio de cada año, con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y la integridad de la información registrada. Actualmente, los recorridos de mantenimiento se realizan aproximadamente cada tres meses. Sin embargo, si se registra un sismo de magnitud significativa (4.0 o mayor), se prioriza la recuperación de datos de las estaciones para su procesamiento y análisis lo antes posible.

La mayoría de los instrumentos transmiten sus datos de forma remota al servidor de la **Red Sismológica del Noroeste de México (RESNOM)**, como se describe en *Vidal-Villegas et al.* (2018). No obstante, en algunos casos, debido a la falta de conectividad a Internet, la recolección de datos debe realizarse de manera presencial en la estación.

4.1 Verificación en Laboratorio

Antes de realizar el mantenimiento preventivo o correctivo en campo, se llevan a cabo una serie de pruebas y verificaciones en laboratorio para optimizar el tiempo de intervención y minimizar fallas en el sistema:

- **Revisión del sistema de energía:**
 - Medición de voltajes y corrientes en baterías, paneles solares y cargas conectadas.
 - Estado y capacidad de las baterías de los UPS utilizados en las estaciones.
- **Verificación del sistema de adquisición y transmisión de datos:**
 - Comprobación del estado de conexión del acelerógrafo y la Raspberry Pi al servidor del CICESE.
 - Validación de la sincronización de tiempo del instrumento con los servidores de referencia.

4.2 Actividades de Mantenimiento en Campo

Durante cada visita a una estación, se realizan las siguientes actividades:

4.2.1 Mantenimiento General

- **Limpieza profunda de la estación:**
 - Aspirado interno del contenedor para evitar acumulación de polvo y humedad.
 - Sopleteado de la Raspberry Pi y componentes electrónicos para eliminar partículas que puedan afectar la ventilación.
 - Limpieza de los paneles solares para garantizar una óptima captación de energía.
- **Verificación del sistema de energía:**
 - Revisión de conexiones y terminales de las baterías.
 - Medición del estado de carga y funcionamiento de los reguladores de voltaje.

5 Procesamiento de Registros

Durante el periodo de análisis, la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México (RANOM) ha mantenido un flujo automatizado de recuperación, corrección y análisis de registros de movimiento fuerte asociados a eventos sísmicos locales. Este sistema permite procesar grandes volúmenes de datos de forma eficiente y estandarizada. Además, todos los productos generados son sometidos a una revisión manual con el fin de verificar su calidad antes de su integración en el boletín técnico y su difusión pública. El procesamiento consiste en la obtención de tres volúmenes de información. El Volumen I corresponde a los registros de aceleración que han sido corregidos únicamente por la sensibilidad del instrumento y por la línea de base. El Volumen II se refiere a los registros de velocidad y

desplazamiento, generados a partir de la integración de los acelerogramas ya corregidos. Finalmente, el Volumen III incluye los espectros de Fourier y los espectros de respuesta. A continuación, se presenta una descripción general del procesamiento y productos.

5.1 Identificación de eventos del catálogo

El proceso inicia con una consulta automatizada a la **base de datos MySQL del sistema RESNOM**, en la que se seleccionan todos los sismos ocurridos durante el año de interés (por ejemplo, 2020) cuya magnitud local (ML) sea superior a 2.0. Para cada evento se extraen:

- ID del evento
- Fecha y hora origen
- Coordenadas epicentrales (latitud y longitud)
- Profundidad
- Magnitud

Esta información se utiliza como base para buscar los archivos de registro correspondientes en el almacenamiento local.

5.2 Búsqueda y lectura de archivos MiniSEED y EVT

Cada evento identificado se vincula con sus posibles registros acelerográficos en formato `.msd` (MiniSEED) o `.evt` (Kinematics EVT), almacenados localmente. La búsqueda se basa en el nombre del archivo y en su cercanía temporal con el arribo teórico de la onda P, estimado con el modelo IASPEI 91.

- Archivos MiniSEED: `<ESTACION>_<SERIE>_<YYYYMMDD>_<HHMMSS>.msd`
- Archivos EVT: `<ESTACION>_<YYYYMMDD>_<HHMMSS>.evt`

La búsqueda se realiza dentro de carpetas estructuradas por año y mes. Si alguno de estos archivos coincide con la ventana temporal del evento, se procede a su lectura y procesamiento.

5.3 Corrección instrumental y estandarización de trazas

Una vez leído el registro, se aplica una cadena de procesamiento que incluye:

- Remoción de la media (orden cero)
- Aplicación del factor de escala (cuentas a gal) según tablas específicas por estación
- Renombramiento de componentes a HHN, HHE y HHZ
- Asignación del código de red “BC”

5.4 Obtención de velocidad y desplazamiento

A partir de los registros corregidos de aceleración, se generan los datos derivados de velocidad y desplazamiento mediante el siguiente flujo (realizado en MATLAB):

1. **Filtrado:** Butterworth entre 0.1 Hz y 30 Hz
2. **Integración:**
 - Velocidad: integración simple
 - Desplazamiento: doble integración
3. **Validación visual** mediante trazas comparativas

5.5 Espectros de Fourier y espectros de respuesta

Se generan productos espectrales complementarios:

- **Espectros de Fourier:**
 - FFT por componente
 - Suavizado en bandas de 1/3 de octava
- **Espectros de respuesta:**
 - Oscilador de un grado de libertad con 5% de amortiguamiento
 - Cálculo de Aceleración Espectral (S_a por sus siglas en inglés) para 0.05–5.0 s

Los espectros se grafican y se integran en los productos visuales generados.

5.6 Generación de tablas y análisis estadístico

A partir de los encabezados de los archivos corregidos, se extraen:

- Magnitud
- Distancia epicentral
- Aceleraciones máximas (N, E, Z)
- Estación y fecha

Estos datos se organizan en:

- Tablas $\text{\LaTeX}$ de eventos y estaciones
- Histogramas de magnitud
- Gráficas por estación y por mes
- Mapa de epicentros y estaciones
- Tabla de cambios instrumentales del año

5.7 Organización de productos generados

Todos los productos se almacenan por evento y por estación, incluyendo:

- Archivos **.dat**: registros corregidos con encabezado
- Archivos **.mseed**: formas de onda corregidas
- Archivos **.pdf**: aceleración, velocidad y desplazamiento por componente
- Archivos **.png**: trazas, espectros de Fourier y de respuesta
- Archivos **.jpg**: histogramas, mapas y resúmenes
- Tablas **.tex**: tablas de eventos y estaciones
- Boletín anual digital: datos anuales

6 Sismos registrados

Durante el año 2018 se localizaron 42 de los 67 sismos registrados por la red. Los datos de las localizaciones fueron obtenidos de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) y del United States Geological Survey (USGS).

El modelo de corteza utilizado por la Red Sísmica del Noroeste de México en la localización de hipocentros en el Valle de Mexicali, es el reportado por Munguía (1995) y está basado en la estructura de velocidades propuesta por McMechan y Mooney (1980) para el Valle Imperial. Para el caso de sismos del Macizo Rocos Peninsular, el modelo de velocidades que se usó es el propuesto por Nava y Brune (1982). Estos modelos se usaron en combinación con el programa HYPOCENTER V. 4.0 de Lienert (1995). Los epicentros obtenidos se muestran en el mapa de la Figura 4 y se listan en la Tabla 4, en donde además se proporciona la profundidad y la magnitud correspondiente.

Adicionalmente, en la Tabla 4 se incluye información sobre las estaciones de RANM que registraron cada sismo, la distancia epicentral y los valores máximos de aceleración registrados en cada una de las componentes de las estaciones.

De los **24** sismos registrados, se localizaron 16 en la región de las Sierras y 8 en el Valle de Mexicali.

Las profundidades obtenidas están comprendidas entre 0.0 y 20.0 km. De los sismos registrados, 26 fueron de magnitud $M_L \geq 4.0$. Estos eventos ocurrieron en las regiones de desconocida. De los 24 sismos localizados, 10 en una sola estación, 4 en 2 estaciones, 5 en 3 estaciones, 3 en 4 estaciones, 1 en 7 estaciones y 1 en 10 estaciones. Los valores máximos de aceleración observados durante el periodo, fueron producidos por el sismo ocurrido el 19 de noviembre de 2018 a las 20:18:41 h. Este sismo de magnitud $M_1 = 4.9$, produjo una aceleración máxima absoluta de 0.5 gales en la componente horizontal NS de la estación CAR, a una distancia epicentral de 11.822 km.

Tabla 3: Resumen de eventos sísmicos registrados en el año 2018

Evento	Fecha	Lat ¹	Lon ¹	Prof ²	ML ³	Est ⁴	Dist ⁵	Amax N ⁶	Amax E ⁶	Amax Z ⁶
Si20180725_201757	2018-07-25 20:17:57	31.945	116.269	16.6	4.3	RAC	8.828	0.0911	0.0911	0.068
						RSL	44.655	-0.0039	-0.0039	0.0036
						STO	45.417	-0.0109	-0.0109	-0.0109
						HDI	73.008	0.0089	0.0089	-0.0113

(Continuación de la tabla anterior)

Evento	Fecha	Lat ¹	Lon ¹	Prof ²	ML ³	Est ⁴	Dist ⁵	Amax N ⁶	Amax E ⁶	Amax Z ⁶
Si20180725_204219	2018-07-25 20:42:19	31.95	116.26	20.0	2.7	RAC	8.656	-0.0029	-0.0029	-0.0019
Si20180725_204523	2018-07-25 20:45:23	31.95	116.262	20.0	3.0	RAC	8.573	-0.0045	-0.0045	-0.0038
Si20180725_205847	2018-07-25 20:58:47	31.958	116.259	20.0	3.3	RAC	7.919	0.0045	0.0045	-0.0026
Si20180729_135407	2018-07-29 13:54:07	31.912	115.816	0.0	4.5	HDI RAC	38.691 47.373	-0.009 0.0042	-0.009 0.0042	-0.015 0.0028
Si20180901_121955	2018-09-01 12:19:55	32.208	115.082	13.4	4.1	CAR EFA GEO	8.561 24.551 25.958	-0.2316 0.0179 -0.0244	-0.2316 0.0179 0.0234	-0.0484 0.0093 0.01
Si20180913_003133	2018-09-13 00:31:33	32.48	115.556	3.0	3.0	MDO NAY	22.634 34.348	-0.0049 -0.0012	-0.0049 -0.0012	0.0022 -0.0015
Si20180918_040525	2018-09-18 04:05:25	32.235	115.288	9.1	2.7	NAY	9.537	-0.0045	-0.0045	0.0047
Si20180929_021745	2018-09-29 02:17:45	32.43	115.204	8.2	4.4	GEO SAL CHI MDO VIC IAG CAR	4.778 7.013 7.235 11.179 18.045 21.862 29.482	0.2953 0.0657 -0.0651 0.0145 -0.0228 0.0885 -0.0394	-0.3802 0.0657 -0.0651 0.0145 -0.0228 0.0885 -0.0394	0.2192 0.1235 0.0473 0.0063 0.0146 -0.0338 -0.0284
Si20181014_080143	2018-10-14 08:01:43	32.193	115.11	12.3	3.5	CAR VIC NAY	5.441 10.524 18.685	0.0885 0.0166 0.0033	0.0885 0.0166 0.0033	0.0237 -0.011 0.0039
Si20181014_080411	2018-10-14 08:04:11	32.197	115.106	13.3	3.1	CAR	5.998	-0.0429	-0.0429	-0.0104
Si20181109_055705	2018-11-09 05:57:05	32.402	115.241	10.0	3.5	GEO NAY MDO SAL	0.261 9.781 9.85 10.684	0.161 -0.0091 -0.0042 -0.0093	0.1687 -0.0091 -0.0042 -0.0093	0.1388 0.0047 -0.0021 0.0156
Si20181109_074942	2018-11-09 07:49:42	32.423	115.273	10.6	2.9	GEO MDO VIC	4.032 6.085 21.377	0.1463 -0.0039 0.0034	0.1751 -0.0039 0.0034	0.1034 -0.0027 0.0028
Si20181109_075519	2018-11-09 07:55:19	32.409	115.277	11.0	2.4	GEO	3.627	0.0571	-0.0745	0.0793
Si20181116_012914	2018-11-16 01:29:14	32.257	115.297	9.5	2.4	NAY	7.827	0.0026	0.0026	-0.0029
Si20181119_201841	2018-11-19 20:18:41	32.215	115.271	11.9	4.9	NAY CAR VIC GEO SAL MDO IAG RSL SIV RAC	11.19 11.822 17.108 20.7 26.556 27.935 44.078 54.873 64.134 99.584	0.0674 -0.5055 0.2861 -0.1628 0.03 -0.0296 0.0298 -0.0055 0.0052 -0.0044	0.0674 -0.5055 0.2861 0.1766 0.03 -0.0296 0.0298 -0.0055 0.0052 -0.0044	0.0609 -0.349 0.0539 0.0733 -0.0252 0.0291 0.056 0.0032 -0.0042 0.0028
Si20181119_202459	2018-11-19 20:24:59	32.214	115.286	10.0	3.3	VIC	18.415	0.0048	0.0048	-0.0027
Si20181119_214747	2018-11-19 21:47:47	32.219	115.288	9.9	2.8	NAY VIC	11.189 18.346	-0.0089 0.0053	-0.0089 0.0053	0.0033 -0.0026
Si20181119_234913	2018-11-19 23:49:13	32.201	115.265	10.8	3.6	CAR NAY VIC GEO	10.68 12.633 17.421 22.171	-0.0726 -0.0127 -0.0122 0.024	-0.0726 -0.0127 -0.0122 0.0574	-0.0535 -0.0091 -0.0103 -0.0115
Si20181119_235117	2018-11-19 23:51:17	32.194	115.271	11.8	3.5	CAR NAY VIC	10.976 13.482 18.325	0.0536 0.0051 0.014	0.0536 0.0051 0.014	0.0206 -0.0041 -0.0078
Si20181120_013738	2018-11-20 01:37:38	32.221	115.278	13.0	3.5	NAY CAR VIC	10.693 12.714 17.398	0.0086 0.0856 -0.0132	0.0086 0.0856 -0.0132	0.005 0.0474 -0.0093
Si20181120_061649	2018-11-20 06:16:49	32.215	115.261	13.0	3.1	CAR NAY	10.987 11.046	0.0318 -0.0038	0.0318 -0.0038	0.0175 0.0041
Si20181120_072615	2018-11-20 07:26:15	32.209	115.261	9.7	2.5	NAY	11.708	0.0024	0.0024	-0.0013
Si20181125_114630	2018-11-25 11:46:30	32.382	115.132	13.2	2.3	SAL	4.484	-0.0139	-0.0139	0.0156

Nota: ¹ Latitud y longitud expredada en grados.

² Prof. Profundidad expresada en kilometros.

³ ML se refiere a la Magnitud Local.

⁴ Est. Se refiere al codigo de la estación.

⁵ Dist. Distancia epicentral epresada en kilometros.

⁶ Amax. Amplitud máxima expresada en gales.

Para tener una mayor claridad de los sismos registrados por RANOM y con loaclización

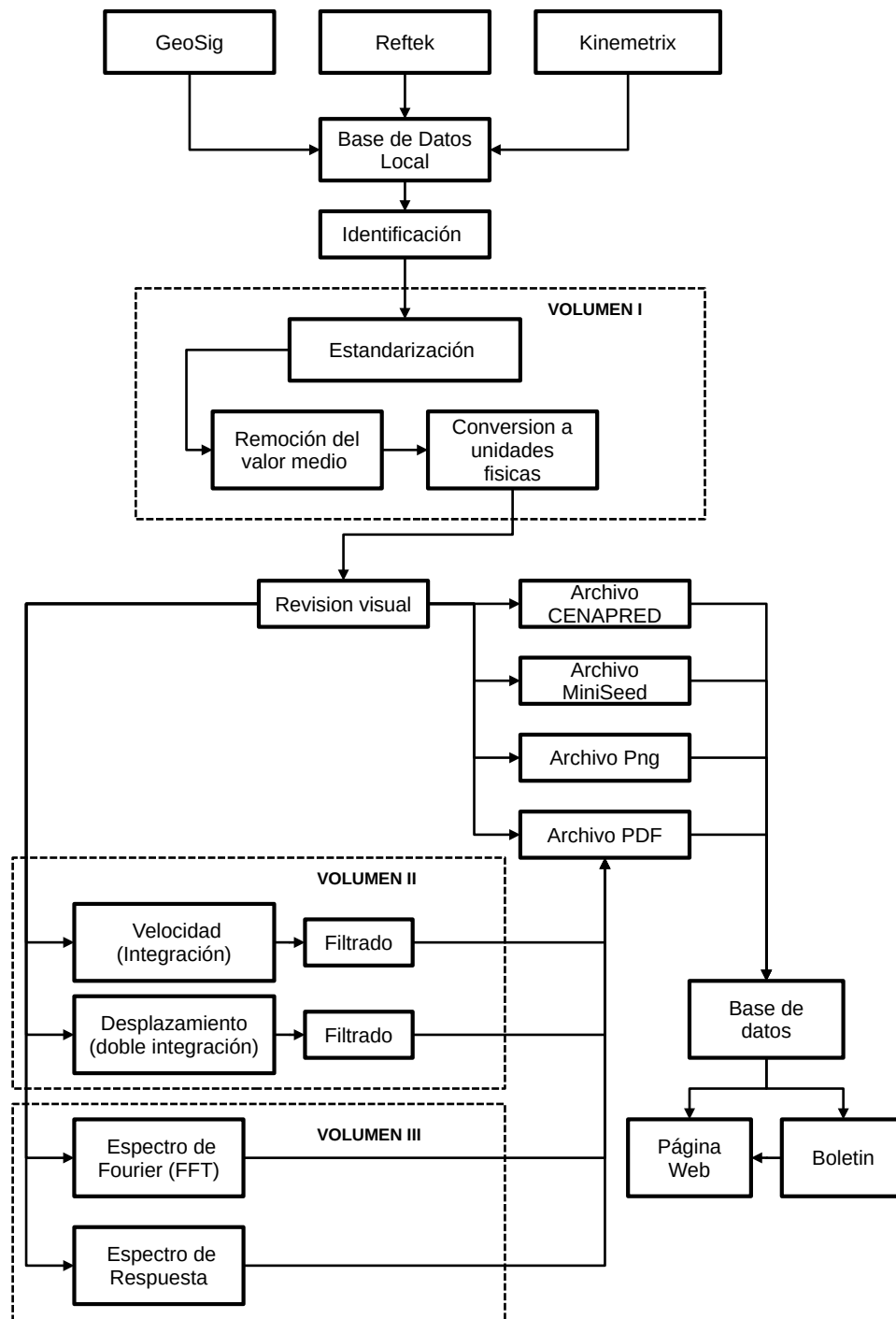


Figura 3: Diagrama de flujo del procesamiento de datos de la red.

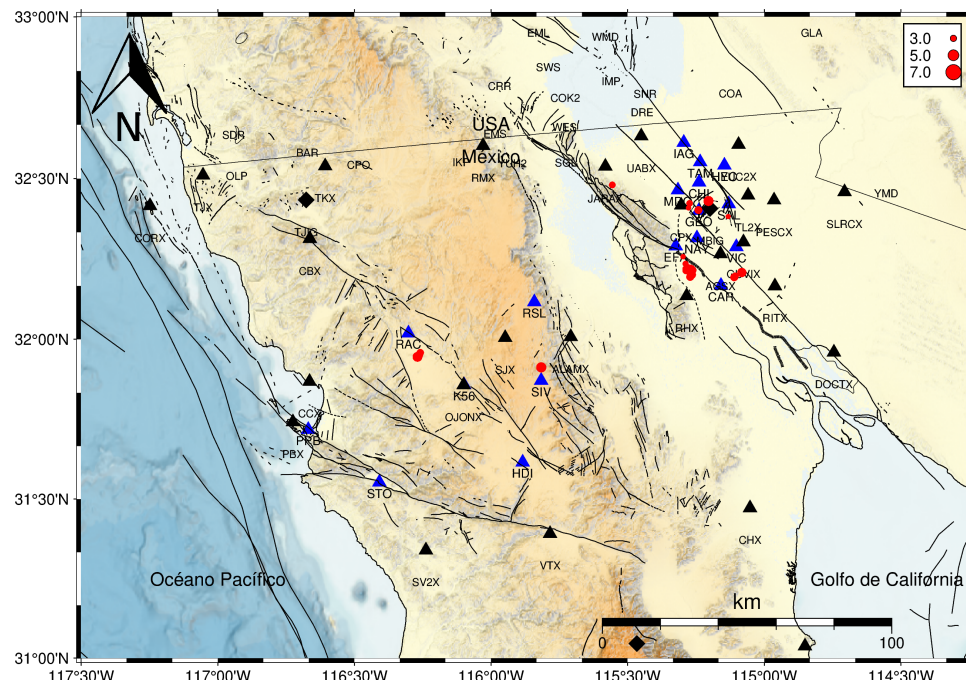


Figura 4: Epicentros (círculos) de sismos registrados por RANM y localizados en su mayoría, a partir de los datos de las estaciones de RESNOM y de la Red del Sur de California. Las estaciones de RANM están representadas por triángulos, en tanto que las estaciones de RESNOM y de la Red del Sur de California, se encuentran representadas por pentágonos y cuadros respectivamente.

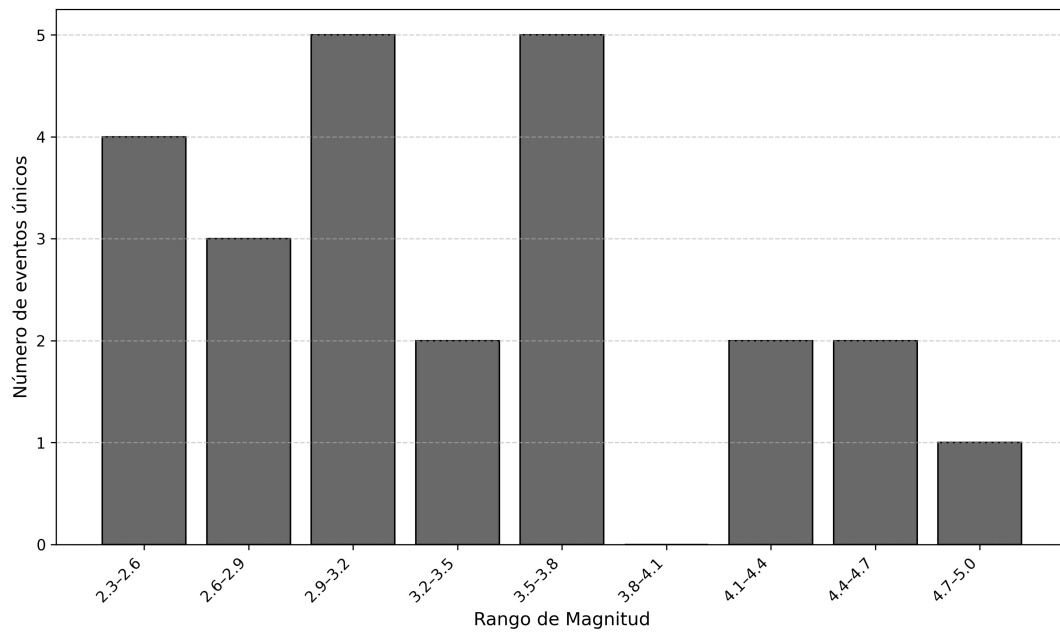


Figura 5: Magnitudes de los sismos registrados durante el año

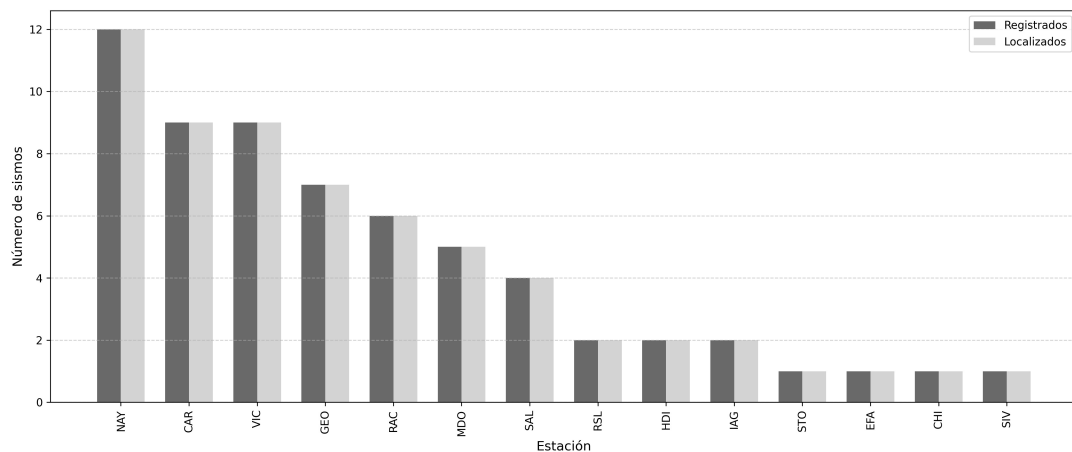


Figura 6: Número de registros anuales y con localización obtenidos por cada estación de RANOM en el año.

durante el año 2018, En la Figura 7 se muestra una gráfica de la cantidad de sismos registrados por metro cuadrado contra los sismos que se registraron y se pudieron localizar durante el mismo periodo.

Por otro lado, la mayoría de los registros obtenidos durante este año, como se puede apreciar en la Figura 9, son de buena calidad, es decir, se encuentran completos y sin saturación en las amplitudes de las ondas.

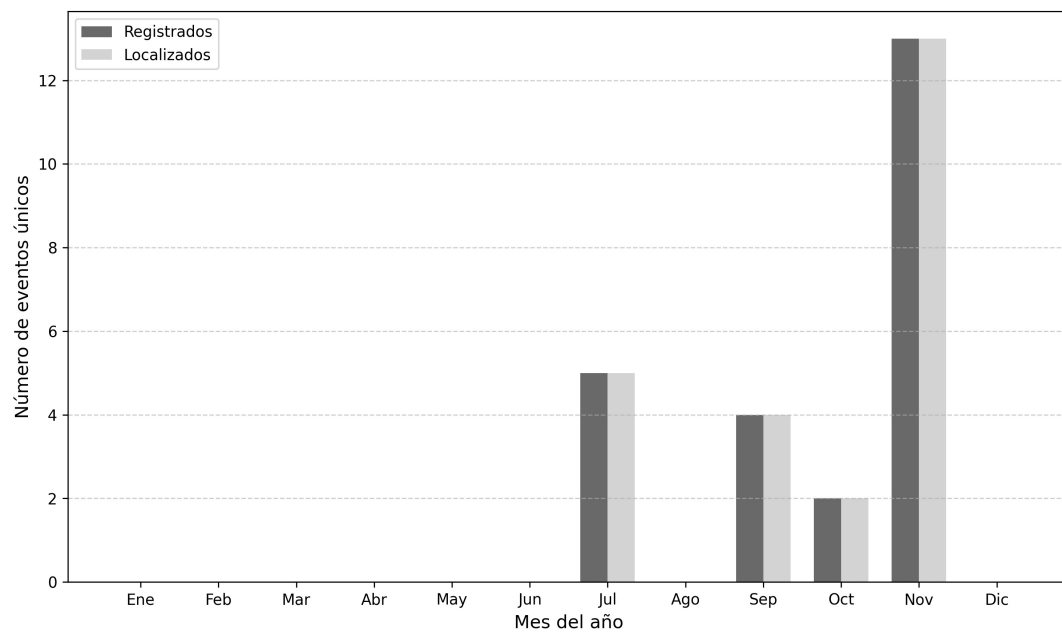


Figura 7: Sismos registrados y localizados por mes durante el año.

Referencias

- [1] Luna, M., L. Munguía, M. Navarro y T. Valdéz. (2012). *Caracterización de la respuesta sísmica de suelos mediante registros de aceleración*. Revista de Ingeniería Sísmica, 86, 1–21.
- [2] Luna, M., L. Munguía y T. Valdéz. (2010). *Corrección de registros de aceleración sísmica: una metodología integral*. Boletín de Geofísica, 55(2), 33–44.
- [3] Luna, M., L. Munguía y R. Vidal. (1996). *Red de acelerógrafos del noroeste de México (RANM): instalación y funcionamiento*. Informe técnico, CICESE.
- [4] Vidal, R., L. Munguía y M. Luna. (1996). *Especificaciones técnicas y operación de la red de acelerógrafos del noroeste de México*. Informe técnico, CICESE.
- [5] Alcántara, L., M. Navarro y M. Luna. (2000). *Formato estándar para la base mexicana de datos de sismos fuertes (versión 2.0)*. CICESE, Departamento de Sismología.
- [6] Trifunac, M. D., y W. J. Lee. (1973). *Routine computer analysis of strong-motion accelerograms*. Bulletin of the Seismological Society of America, 63(2), 473–482.
- [7] Munguía, L. (1995). *Modelos de velocidad para la región del Valle de Mexicali*. Informe interno, CICESE.
- [8] McMechan, G. A. y W. D. Mooney. (1980). *Seismic structure and tectonics of the Imperial Valley region, California*. Journal of Geophysical Research, 85(B5), 2633–2642.
- [9] Nava, S. J. y J. N. Brune. (1982). *Strong motion characteristics of earthquakes in the northern Baja California region*. Bulletin of the Seismological Society of America, 72(3), 1117–1130.
- [10] Lienert, B. R. (1995). *HYPOCENTER 4.0: A computer program for locating earthquakes*. University of Hawaii, SOEST Technical Report 95–01.
- [11] Vidal-Villegas, J. A., L. Munguía, J. A. González-Ortega, M. A. Nuñez Leal, E. Ramírez, L. Mendoza, R. R. Castro y V. Wong. (2018). *The Northwest Mexico Seismic Network: Real-time seismic monitoring in northern Baja California and northwestern Sonora, Mexico*. Seismological Research Letters, 89(2A), 324–337. <https://doi.org/10.1785/0220170183>.

Apéndice A. Encabezado de los archivos de las series de tiempo procesadas (Volumen I)

```

1 *****
2 CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA
3 GRUPO DE SISMOLOGIA DE MOVIMIENTOS FUERTES
4 CARR. ENSENADA-TIJUANA No. 3918 ZONA PLAYITAS, ENSENADA B. C. MEXICO, C.P. 22860
5 APDO. POSTAL No. 360, TEL.: 01 (646) 175-05-00, FAX: 01 (646) 175-05-59
6 *****
7 ARCHIVO ESTANDAR DE ACELERACION:
8 VERSION DEL FORMATO : 2.0
9 NOMBRE DEL ARCHIVO : DEL_15072015_070414.Dat
10 FECHA Y HORA DE CREACION : 12 DE MAYO DE 2016
11 REF. CATALOGO ACELEROGRAMAS, SMIS 1995 : Reg. Num.
12
13
14 =====
15 DATOS DE LA ESTACION:
16 NOMBRE DE LA ESTACION : DELTA
17 CLAVE DE LA ESTACION : DEL
18 LOCALIZACION DE LA ESTACION : Valle de Mexicali, Baja California.
19 :
20 :
21 :
22 :
23 COORDENADAS DE LA ESTACION : 32.355 Lat. N
24 : 115.187 Long. 0
25 ALTITUD (msnm) : 28
26 TIPO DE SUELO : Sedimentos (aluvion)
27 :
28 :
29 INSTITUCION RESPONSABLE : Departamento de Sismologia, CICESE
30 :
31
32 =====
33 DATOS DEL ACELEROGRAFO:
34 MODELO DEL ACELEROGRAFO : GMS-18
35 NUMERO DE SERIE DEL ACELEROGRAFO : 100204
36 NUMERO DE CANALES : 3
37 ORIENTACION C1-C6 (rumbo;orientacion) : /N00E;/N90E;/V;+
38 ORIENTACION C7-C12 (rumbo;orientacion) :
39 VEL. DE MUESTREO, C1-C6 (muestras/s) : /200/200/200
40 VEL. DE MUESTREO, C7-C12 (muestras/s) :
41 ESC. COMPLETA DE SENSORES, C1-C6, (g) : /2.00/2.00/2.00
42 ESC. COMPLETA DE SENSORES, C7-C12, (g) :
43 FREC. NAT. DE SENSORES, C1-C6, (Hz) : /400.00/400.00/400.00
44 FREC. NAT. DE SENSORES, C7-C12, (Hz) :
45 AMORTIGUAMIENTO DE SENSORES, C1-C6 : /0.70/0.70/0.70
46 AMORTIGUAMIENTO DE SENSORES, C7-C12 :
47 INTERVALO DE MUESTREO, C1-C6, (s) : /0.005/0.005/0.005
48 INTERVALO DE MUESTREO, C7-C12, (s) :
49 UMBRAL DE DISPARO, C1-C6, (Gal) :
50 UMBRAL DE DISPARO, C7-C12, (Gal) :
51 MEMORIA DE PREEVENTO (s) : 30.00
52 TIEMPO DE POSEVENTO (s) : 90.00
53
54
55 =====
56 DATOS DEL SISMO:
57 FECHA DEL SISMO (GMT) : 15 de JULIO del 2015
58 HORA EPICENTRO (GMT) : 07:04:33.00
59 MAGNITUD(ES) : /M1=2.7
60 COORDENADAS DEL EPICENTRO : 32.234 LAT. N
61 : 115.282 LONG. 0
62 PROFUNDIDAD FOCAL (km) : 7.0
63 FUENTE DE LOS DATOS EPICENTRALES : Departamento de Sismologia, CICESE
64 : RESNOM

```

```

65
66 =====
67 DATOS DE ESTE REGISTRO:
68 HORA DE LA PRIMERA MUESTRA (GMT)      : 07:04:14.059
69 EXACTITUD DEL TIEMPO (s)              : 0.001
70 DURACION DEL REGISTRO (s), C1-C6      : /123.20/123.20/123.20 71 DURACION DEL
REGISTRO (s), C7-C12                    :
72 NUM. TOTAL DE MUESTRAS, C1-C6        : /24640/24640/24640 73 NUM. TOTAL DE
MUESTRAS, C7-C12                        :
74 ACEL. MAX. (Gal), C1-C6              : /2.3663/-3.9278/-4.2710
75 ACEL. MAX., C1-C6, EN LA MUESTRA     : /5952/6014/5400 76 ACEL. MAX. (Gal), C7-
C12                                     :
77 ACEL. MAX., C7-C12, EN LA MUESTRA    :
78 UNIDADES DE LOS DATOS                 : Gal (cm/s/s)
79 FACTOR DE DECIMACION                  : 1
80 FORMATO DATOS (FORTRAN,10 campos/dato) : 3F10.4
81
82
83 =====
84 CALIDAD DEL ACELEROGRAMA:
85 Registro digital completo. Tiempo absoluto correcto.
86
87
88 =====
89 COMENTARIOS: 90
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104 =====
105 DATOS DE ACCELERACION:
106 -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
107 CANAL -1   CANAL -2   CANAL -3   CANAL -4   CANAL -5   CANAL -6   CANAL -7   CANAL -8
108 NOOE;      N9OE;      V;+

```

Apéndice B. Cronología de la instrumentación de la red durante el año 2018

En la Tabla B1 se detallan los cambios de instrumentación hechos a cada una de las estaciones. Para ello, se utiliza una serie de abreviaturas cuyo significado se proporciona a continuación para que el lector interprete correctamente la información contenida.

- **Cod.** = Código de la estación.
- **N.Serie.** = Número de serie del instrumento.
- **Latitud (ggg.ggg) y Longitud (ggg.ggg)** = Latitud y longitud correspondientes a las coordenadas geográficas de la estación en grados (ggg.ggg).
- **Elevac. (m)** = Elevación expresada en metros.
- **Fecha de Instal. (dd/mm/aa)** = Día, mes y año de la fecha de instalación.

- **Fecha de u/revisión.** (dd/mm/aa) = Día, mes y año de la última revisión realizada a la instrumentación de la estación.

Los datos anteriores están contenidos en los primeros dos renglones de cada estación. En los siguientes tres, está contenida la información relativa a los parámetros del instrumento, de acuerdo a la siguiente nomenclatura.

- **Comp. 1, 2 ó 3** = Número de canal del instrumento.
- **Orientación** = Indican la orientación de las dos componentes horizontales (N-S y E-O) y la polaridad de la componente vertical (vert), que es indicada por el símbolo "+".
- **Sensibilidad** = Es la sensibilidad del acelerómetro en cada componente. Estos valores son expresados en Volt/g.
- **F. natural** = Frecuencia natural del acelerómetro expresada en Hertz.
- **Amort.** = Valor del amortiguamiento del acelerómetro (expresado como una fracción del valor crítico).
- **Tipo de sensor** = Acelerómetro utilizado para el registro de la señal.

La información que va precedida de la letra "c", indica que los datos corresponden a instrumentos que dejaron de funcionar durante el periodo (ver fechas de instalación y cambio). En los casos en que el renglón no empieza con la letra "c", significa que los datos anotados son de la instrumentación que funcionaba a la fecha de la última revisión.

Tabla 5: Historial de instrumentación por estación y canal

Nombre Estación	Código	Latitud	Longitud	Elevación	Sensor	Or. ¹	Grabadora	NS ²	Frecuencia	Am. ³	Inicio	Fin					
Islas Agrarias	IAG	32.61167	-115.29424	13	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix ETNA	168	50.8	0.64	12/07/2018	11/10/2021					
								168	50.6	0.65							
								168	50.7	0.64							
		32.61167	-115.29424	13	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix K2	2678	204.0	0.7	12/10/2021	Activa					
								2678	198.0	0.7							
								2678	204.0	0.7							
Heroes de la Independencia	HDI	31.61539	-115.88407	1069	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix ETNA	169	51.2	0.64	01/01/2016	19/09/2020					
								169	52.3	0.64							
								169	51.0	0.66							
		31.61539	-115.88407	1069	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix K2	1159	212.0	0.0	20/09/2020	Activa					
								1159	214.0	0.0							
								1159	214.0	0.0							
Punta Banda	PPB	31.71749	-116.66896	14	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix ETNA	1747	198.0	0.7	01/01/2016	Activa					
								1747	210.0	0.7							
								1747	210.0	0.7							
Carrancitas	CAR	32.16722	-115.15824	10	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix K2	1580	204.0	0.7	01/01/2016	28/10/2020					
								1580	208.0	0.7							
								1580	206.0	0.7							
		32.16722	-115.15824	10	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix K2	1155	208.0	0.0	29/10/2020	Activa					
								1155	222.0	0.0							
								1155	220.0	0.0							
El Faro	EFA	32.29031	-115.32389	19	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix K2	1155	208.0	0.0	01/01/2016	28/10/2020					
								1155	222.0	0.0							
								1155	220.0	0.0							
		32.29031	-115.32389	19	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	GeoSig GMS-18	100200	400.0	0.7	29/10/2020	Activa					
								100200	400.0	0.7							
								100200	400.0	0.7							
Santo Tomas	STO	31.55283	-116.40863	163	Episensor	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix K2	1158	222.0	0.0	12/07/2018	Activa					
								1158	218.0	0.0							
								1158	216.0	0.0							
Hechicera	HEC	32.54083	-115.14574	13	FBA-23	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Kinemetrix K2	1156	214.0	0.0	12/07/2018	Activa					
								1156	210.0	0.0							
								1156	218.0	0.0							
Geotermica	GEO	32.40011	-115.2391	7	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	GeoSig GMS-18	100199	400.0	0.7	01/01/2016	18/03/2016					
								100199	400.0	0.7							
								100199	400.0	0.7							
		32.40011	-115.2391	7	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	GeoSig GMS-18	100204	400.0	0.7	19/03/2016	15/09/2016					
								100204	400.0	0.7							
								100204	400.0	0.7							
	32.40011	-115.2391	7	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	GeoSig GMS-18	100204	400.0	0.7	15/09/2016	29/11/2016						
							100204	400.0	0.7								
							100204	400.0	0.7								
	32.40011	-115.2391	7	FBA-23	C1 - NS C2 - V C3 - EW	Kinemetrix K2	1026	51.4	0.68	30/11/2016	Activa						
							1026	53.6	0.67								
							1026	53.4	0.68								
Rancho Agua Caliente				RAC	32.01901	-116.30233	736	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V			GeoSig GMS-18	100200	400.0	0.7	01/01/2016	18/10/2019
													100200	400.0	0.7		
													100200	400.0	0.7		
32.01901	-116.30233	736	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	GeoSig GMS-18	126791	400.0	0.7	19/10/2019	Activa							
						126791	400.0	0.7									
						126791	400.0	0.7									
Rancho San Luis	RSL	32.11597	-115.84165	1492	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	GeoSig GMS-18	100205	400.0	0.7	12/07/2018	18/04/2019					
								100205	400.0	0.7							
								100205	400.0	0.7							
	32.11597	-115.84165	1492	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	GeoSig GMS-18	121441	400.0	0.7	19/04/2019	Activa						
							121441	400.0	0.7								
							121441	400.0	0.7								
Nayarit	NAY	32.31512	-115.24648	11	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100204	400.0	0.7	01/01/2016	Activa					
								100204	400.0	0.7							
								100204	400.0	0.7							
Santa Isabel Viejo	SIV	31.87116	-115.81637	1506	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100205	400.0	0.7	12/07/2018	Activa					
								100205	400.0	0.7							
								100205	400.0	0.7							
Kilometro 56	K56	31.85736	-116.09852	893	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100207	400.0	0.7	12/07/2018	Activa					
								100207	400.0	0.7							
								100207	400.0	0.7							
Kilometro 56	K58	31.853	-116.087	926	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100207	400.0	0.7	01/01/2016	Activa					
								100207	400.0	0.7							
								100207	400.0	0.7							
Tamaulipas	TAM	32.55127	-115.23463	14	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100208	400.0	0.7	12/07/2018	Activa					
								100208	400.0	0.7							
								100208	400.0	0.7							
Victoria	VIC	32.28788	-115.10204	14	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100209	400.0	0.7	01/01/2016	Activa					
								100209	400.0	0.7							
								100209	400.0	0.7							
Saltillo	SAL	32.42106	-115.13001	15	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100201	400.0	0.7	01/01/2016	Activa					
								100201	400.0	0.7							
								100201	400.0	0.7							
Chihuahua	CHI	32.48828	-115.2386	65	FBA-23	C1 - NS C2 - V C3 - EW	Kinemetrix K2	1026	51.4	0.68	01/01/2016	30/11/2016					
								1026	53.6	0.67							
								1026	53.4	0.68							
	32.48828	-115.2386	65	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100202	400.0	0.7	01/12/2016	27/08/2019						
							100202	400.0	0.7								
							100202	400.0	0.7								
32.48828	-115.2386	65	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	126791	400.0	0.7	28/08/2019	Activa							
						126791	400.0	0.7									
						126791	400.0	0.7									
Michoacan de Ocampo	MDO	32.46409	-115.31561	13	Geosig AC-63	C1 - EW C2 - NS C3 - V	Geosig GMS-18	100903	400.0	0.7	12/07/2018	Activa					
								100903	400.0	0.7							
								100903	400.0	0.7							

Nota: ¹ Or. representa la orientación del sensor en cada estación.

² NS representa el número de serie del digitalizador.

³ Am. representa el amortiguamiento del sensor.